

VIA HAND DELIVERY
PATENT
36856.1117

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: Tadashi NOMURA et al. Serial No.: Currently unknown Filing Date: Concurrently herewith For: PIEZOELECTRIC RESONATOR, PIEZOELECTRIC FILTER, AND COMMUNICATION APPARATUS	
--	--

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENTS

Mail Stop PATENT APPLICATION
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of each of Japanese Patent Application No. **2002-279428** filed **September 25, 2002**, from which priority is claimed under 35 U.S.C. 119 and Rule 55b. Acknowledgement of the priority document is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

Date: September 8, 2003



Attorneys for Applicant(s)
Joseph R. Keating
Registration No. 37,368

Christopher A. Bennett
Registration No. 46,710

KEATING & BENNETT LLP
10400 Eaton Place, Suite 312
Fairfax, VA 22030
Telephone: (703) 385-5200

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 9月25日
Date of Application:

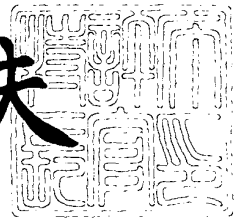
出願番号 特願2002-279428
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2002-279428]

出願人 株式会社村田製作所
Applicant(s):

2003年 7月29日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3060223

特願 2002-279428

【書類名】 特許願
 【整理番号】 32-0677
 【提出日】 平成14年 9月25日
 【あて先】 特許庁長官 殿
 【国際特許分類】 H03H 9/08
 H03H 9/15

【発明者】
 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
 製作所内
 【氏名】 野村 忠志

【発明者】
 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
 製作所内
 【氏名】 山田 一

【発明者】
 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田
 製作所内
 【氏名】 久保 竜一

【特許出願人】
 【識別番号】 000006231
 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

【代理人】
 【識別番号】 100080034
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 原 謙三
 【電話番号】 06-6351-4384

【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 003229
 【納付金額】 21,000円

出証特 2003-3060223

特願 2002-279428

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0014717

【プルーフの要否】 要

出証特 2003-3060223

【書類名】 明細書

【発明の名称】 圧電共振子、圧電フィルタ、通信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

開口部若しくは凹部を有する基板と、前記開口部若しくは凹部上に形成されている、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電共振子において、前記振動部を除く位置で、かつ、前記上部電極および前記薄膜部の少なくとも一方の上に、放熱膜を形成したことを特徴とする、圧電共振子。

【請求項 2】

前記放熱膜は、熱伝導率が約 $150\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上であることを特徴とする、請求項 1 に記載の圧電共振子。

【請求項 3】

前記放熱膜は、Si、AlN、ダイヤモンドなどの絶縁材料からなることを特徴とする、請求項 2 に記載の圧電共振子。

【請求項 4】

前記放熱膜は、Cu、Al、Au、Ag などの金属材料若しくは Cu、Al、Au、Ag を主成分とする合金からなることを特徴とする、請求項 2 に記載の圧電共振子。

【請求項 5】

前記放熱膜と振動部との間の距離が、振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることを特徴とする、請求項 1 ないし 4 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 6】

前記振動部を除いて、前記開口部若しくは凹部全体が、前記放熱膜で覆われていることを特徴とする、請求項 1 ないし 5 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 7】

前記開口部若しくは凹部の周囲が、前記放熱膜で覆われていることを特徴とする、請求項 5 に記載の圧電共振子。

【請求項 8】

前記振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形であり、かつ、少なくとも振動部の最も長い辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成されていることを特徴とする、請求項 1 ないし 7 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 9】

前記振動部の最も長い辺の長さが、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離よりも長いことを特徴とする、請求項 8 に記載の圧電共振子。

【請求項 10】

前記振動部の最も長い辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることを特徴とする、請求項 8 または 9 に記載の圧電共振子。

【請求項 11】

前記振動部の全ての辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成され、かつ前記振動部の全ての辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることを特徴とする、請求項 10 に記載の圧電共振子。

【請求項 12】

前記振動部の開口部若しくは凹部の端部に沿って形成された全ての辺の長さの和 W と、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離 L が、 $L/W \leq 0.8$ を満たすことを特徴とする、請求項 8 ないし 11 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 13】

前記振動部分の厚み方向視の形状は、その長手方向が振動部の振動波長の 20 倍以上、短手方向が振動波長の 5 倍以下であることを特徴とする、請求項 8 ないし 12 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 14】

前記振動部分の厚み方向視の形状が、二等辺三角形であることを特徴とする、請求項 8 ないし 13 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 15】

開口部若しくは凹部を有する基板と、前記開口部若しくは凹部上に形成されて

いる、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電共振子において、振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形であり、かつ、少なくとも振動部の最も長い辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成されていることを特徴とする、圧電共振子。

【請求項 16】

前記振動部の最も長い辺の長さが、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離よりも長いことを特徴とする、請求項 15 に記載の圧電共振子。

【請求項 17】

前記振動部の最も長い辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることを特徴とする、請求項 15 または 16 に記載の圧電共振子。

【請求項 18】

前記振動部の全ての辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成され、且つ前記振動部の全ての辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることを特徴とする、請求項 17 に記載の圧電共振子。

【請求項 19】

前記振動部の開口部若しくは凹部の端部に沿って形成された全ての辺の長さの和 W と、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離 L が、 $L/W \leq 0.8$ を満たすことを特徴とする、請求項 15 ないし 18 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 20】

前記振動部分の厚み方向視の形状は、その長手方向が振動波長の 20 倍以上、短手方向が振動波長の 5 倍以下であることを特徴とする、請求項 15 ないし 19 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 21】

前記振動部分の厚み方向視の形状が、二等辺三角形であることを特徴とする、請求項 15 ないし 20 の何れか 1 項に記載の圧電共振子。

【請求項 22】

前記圧電薄膜がZnO若しくはAlNを主成分とすることを特徴とする請求項1ないし21の何れか1項に記載の圧電共振子。

【請求項 23】

請求項1ないし22の何れか1項に記載の圧電共振子を用いたことを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 24】

請求項1ないし22の何れか1項に記載の圧電共振子をラダー構成にしたことを特徴とする圧電フィルタ。

【請求項 25】

請求項1ないし22の何れか1項に記載の圧電共振子を用いたことを特徴とするデュプレクサ。

【請求項 26】

請求項1ないし22の何れか1項に記載の圧電共振子を有することを特徴とする通信装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、フィルタや発振子や通信装置などに使用されて、VHF帯、UHF帯、さらにそれ以上の超高周波帯において厚み縦振動してフィルタ機能を発揮できる圧電共振子、圧電フィルタ、およびそれらを用いたデュプレクサや、通信装置に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

近年、携帯電話等の通信装置の高周波数（RF、特にGHz帯以上）段に使用されるフィルタが、優れた各特性を有する圧電共振子を用いて開発されてきた。上記の各特性とは、小型かつ軽量であり、耐振性や耐衝撃性に優れ、製品のバラツキが少なく信頼性に富んでおり、回路の無調整化が図れるため実装の自動化、簡略化が図れ、その上、高周波化を図っても、製造が容易なことである。

【0003】

圧電共振子としては、開口部若しくは凹部を有する基板と、前記基板の開口部若しくは凹部上に形成されている絶縁薄膜からなるダイヤフラムと、該絶縁薄膜上に形成されている、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する構造のものが挙げられる（例えば、特許文献1を参照）。このような圧電共振子では、圧電共振子の圧電体を薄膜にしたことにより、高周波限界を数100MHz～数1000MHzまで広げることができる。

【0004】

このような圧電共振子においては、不要振動を低減するために電極寸法を所定の範囲内に制限する必要がある。また、振動エネルギーを上記の振動部に閉じ込めるため、ダイヤフラムの寸法に対して電極寸法を小さくする必要もある。このため、大きな電力を加えると、上記電力は、寸法が小さい振動部に集中し、比較的大きな熱を上記振動部に発生させることになる。

【0005】

【特許文献1】

特開2001-168674号公報、公開日2001年6月22日

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来では、振動部を形成するダイヤフラムは薄膜状であって熱容量が小さいので、発生した熱が放熱されにくく、熱の多くは振動部に蓄積されて、振動部の温度上昇を招来する。振動部の温度上昇は、振動部の破壊などの影響を及ぼす恐れがあり、動作安定性が劣化するという問題を生じている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の圧電共振子は、以上の課題を解決するために、開口部若しくは凹部を有する基板と、前記開口部若しくは凹部上に形成されている、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一対の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電共振子において、前記振動部を除く位置で、

かつ、前記上部電極および前記薄膜部の少なくとも一方の上に、放熱膜を形成したことを特徴としている。

【0008】

上記構成によれば、放熱膜を設けることにより、圧電共振子の不要振動を低減できると同時に、大きな電力を加えても共振特性の劣化を回避できるように、放熱性・耐電力性を向上でき、動作安定性を改善できる。

【0009】

上記圧電共振子では、前記放熱膜は、熱伝導率が約 $150\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上であることが望ましい。

【0010】

上記圧電共振子においては、前記放熱膜は、Si、AlN、ダイヤモンドなどの絶縁材料からなってもよい。

【0011】

上記圧電共振子では、前記放熱膜は、Cu、Al、Au、Agなどの金属材料若しくはCu、Al、Au、Agを主成分とする合金からなってもよい。

【0012】

上記圧電共振子においては、前記放熱膜と振動部との間の距離が、振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることが好ましい。

【0013】

上記圧電共振子では、前記振動部を除いて、前記開口部若しくは凹部全体が、前記放熱膜で覆われていてもよい。

【0014】

上記圧電共振子においては、前記開口部若しくは凹部の周囲が、前記放熱膜で覆われていることが望ましい。

【0015】

上記圧電共振子では、前記振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形であり、かつ、少なくとも振動部の最も長い辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成されていることが好ましい。

【0016】

上記圧電共振子においては、前記振動部の最も長い辺の長さが、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離よりも長いことが望ましい。

【0017】

上記圧電共振子では、前記振動部の最も長い辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることが好ましい。

【0018】

上記圧電共振子においては、前記振動部の全ての辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成され、かつ前記振動部の全ての辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であってもよい。

【0019】

上記圧電共振子では、前記振動部の開口部若しくは凹部の端部に沿って形成された全ての辺の長さの和 W と、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離 L が、 $L/W \leq 0.8$ を満たすことが望ましい。

【0020】

上記圧電共振子においては、前記振動部分の厚み方向視の形状は、その長手方向が振動部の振動波長の 20 倍以上、短手方向が振動波長の 5 倍以下であることが好ましい。

【0021】

上記圧電共振子では、前記振動部分の厚み方向視の形状が、二等辺三角形であってもよい。

【0022】

本発明の他の圧電共振子は、以上の課題を解決するために、開口部若しくは凹部を有する基板と、前記開口部若しくは凹部上に形成されている、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電共振子において、振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形であり、かつ、少なくとも振動部の最も長い辺が、開口部若しくは凹部の端部に沿って形成されていることを特徴としてい

る。

【0023】

上記構成によれば、振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形である振動部の少なくとも最も長い辺を、開口部若しくは凹部の端部に沿って形成したから、振動部の放熱性を改善できて、大きな電力を加えても共振特性の劣化を回避でき、動作安定性を向上できる。

【0024】

上記圧電共振子においては、前記振動部の最も長い辺の長さが、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離よりも長いことが望ましい。

【0025】

上記圧電共振子では、前記振動部の最も長い辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であることが好ましい。

【0026】

上記圧電共振子においては、前記振動部の全ての辺が開口部若しくは凹部の端部に沿って形成され、且つ前記振動部の全ての辺と前記開口部若しくは凹部の端部との距離が振動部の振動波長の約 $1/2$ 倍であってもよい。

【0027】

上記圧電共振子では、前記振動部の開口部若しくは凹部の端部に沿って形成された全ての辺の長さの和 W と、前記振動部における開口部若しくは凹部の端部から最も離れた点と、開口部若しくは凹部との距離 L が、 $L/W \leq 0.8$ を満たすことが望ましい。

【0028】

上記圧電共振子においては、前記振動部分の厚み方向視の形状は、その長手方向が振動波長の 20 倍以上、短手方向が振動波長の 5 倍以下であることが好ましい。

【0029】

上記圧電共振子では、前記振動部分の厚み方向視の形状が、二等辺三角形であってもよい。上記圧電共振子においては、前記圧電薄膜が ZnO 若しくは AlN

を主成分としてもよい。

【 0 0 3 0 】

本発明の圧電フィルタは、以上の課題を解決するために、上記の何れかに記載の圧電共振子を有することを特徴としている。上記圧電フィルタでは、圧電共振子をラダー構成とすることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

本発明のデュプレクサは、以上の課題を解決するために、上記の何れかに記載の圧電共振子を有することを特徴としている。本発明の通信装置は、以上の課題を解決するために、上記の何れかに記載の圧電共振子を有することを特徴としている。

【 0 0 3 2 】

上記の圧電フィルタ、デュプレクサ、および通信装置では、放熱性に優れて動作安定性が改善された圧電共振子を有しているので、経時的な動作を安定化できて、耐久性を向上できる。

【 0 0 3 3 】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の各形態について図 1 ないし図 1 7 に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【 0 0 3 4 】

（実施の第一形態）

本発明に係る実施の第一形態の圧電共振子について、その製造方法により説明すると、図 1 および図 2 に示すように、面方位が $(1\ 0\ 0)$ のシリコンからなる、略長方形板状の支持基板 1 0 の両面に熱酸化やスパッタリング等により、二酸化シリコン (SiO_2) 膜 1 1、1 2 をそれぞれ形成する。

【 0 0 3 5 】

続いて、一方の面（裏面）側の SiO_2 膜 1 2 に、 $(1\ 1\ 0)$ 方向に平行な辺を有する方形の窓 1 2 a を形成し、この窓 1 2 a を備えた SiO_2 膜 1 2 をマスクとして、TMAH 液（テトラメチルアンモニウム水溶液）中で、約 90°C で支持基板 1 0 のシリコンに対してエッチングを行う。

【0036】

このTMAH液は、エッチレートの結晶方位依存性が大きいので、エッチングの進行と共に、支持基板10の表面方向である(1 0 0)面10bと約55°の角度をなす(1 1 1)面10aが現れ、支持基板10に、その厚さ方向に貫通する開口部が形成される。

【0037】

上記エッチングは、表面側のSiO₂膜11に達すると停止する。このようにエッチングが、SiO₂膜11のところで完全に停止するため、スムーズな(平滑な)共振子面が得られ、共振子全体の厚さもより正確に設定できる。なお、本実施の第一形態では、上記の製造段階において残存しているSiO₂膜12は、最終的には除去されているが、残してもよい。

【0038】

このとき、さらに、支持基板10に対して反対面側のSiO₂膜11上に、アルミナ(Al₂O₃)膜や、窒化アルミニウム(AlN)膜を真空蒸着またはスパッタリングにより形成して二層以上の積層体としてもよい。よって、上記ダイヤフラム11aは、(1 1 1)面10aにより形成される支持基板10の開口部(空洞部)に面することになる。

【0039】

上記ダイヤフラム11aでは、SiO₂膜11が、一般に正の共振周波数温度特性を有し、かつ、圧縮応力を発生するものである一方、Al₂O₃膜が、一般に負の共振周波数温度特性を備え、かつ、引っ張り応力を発生するものである。このようなダイヤフラム11aを形成する絶縁体には、放熱性を向上させるために熱伝導率の高いものが好ましい。

【0040】

続いて、上記ダイヤフラム11a上に、Alからなる下部電極14、酸化亜鉛(ZnO)や窒化アルミニウム(AlN)などからなる圧電薄膜15、およびAlからなる上部電極16を順次真空蒸着またはスパッタリングおよびエッチングにより形成する。上記圧電薄膜15は、負の共振周波数温度特性を備え、かつ、圧縮応力を発生するものである。

【0041】

上記下部電極14は、帯状に形成され、下部電極14の長手方向が、支持基板10の長手方向端部を基部14aとして、ダイヤフラム11aの中央部を先端部14bにするように形成されている。

【0042】

また、下部電極14では、下部電極14の両側部に位置する開口部11aの一部、およびその一部の周辺部を覆うように、上記両側部から下部電極14の幅方向にそれぞれ延びる翼部14cがそれぞれ形成されている。よって、下部電極14は、ダイヤフラム11a上およびその周辺部近傍では略十字形状ともいえる。

【0043】

一方、上部電極16は、帯状に形成され、上部電極16の長手方向が、前記下部電極14の基部14aに対して反対側となる、支持基板10の長手方向端部を基部16aと、基部16aから延びて、ダイヤフラム11aの中央部に達する先端部16bとを有するように形成されている。

【0044】

また、上部電極16の先端部16bにおいては、下部電極14の先端部14bと対面するとともに、上部電極16の両側部に位置する開口部11aの一部、およびその一部の周辺部を覆うように、上記両側部から上部電極16の幅方向にそれぞれ延びるようにそれぞれ形成されている。よって、上部電極16は、ダイヤフラム11a上およびその周辺部近傍では略T字形状ともいえる。

【0045】

さらに、下部電極14の両翼部14cと、上部電極16の先端部16bとは、圧電薄膜15を挟んで互いに対面しない位置に配されている。このような配置により、振動部11b以外での不要な振動を回避しながら、振動部の強度を向上できる。

【0046】

このような圧電共振子では、共振周波数が2GHzの場合、SiO₂膜11、下部電極14、圧電薄膜15、および上部電極16の合計厚さを3μm程度に設定できる。

【0047】

上記圧電共振子では、振動モード（例えば2次モード）に応じて、SiO₂膜11の厚さ、下部電極14の面積、圧電薄膜15の厚さ、および上部電極16の面積が設定されている。また、SiO₂膜11上にAl₂O₃膜をさらに形成した多層構造とすることにより、上記圧電共振子においては、共振周波数の温度係数（ppm/℃）をほぼゼロに設定することを容易化できる。

【0048】

その上、上記圧電共振子では、下部電極14、圧電薄膜15、および上部電極16は、圧電薄膜共振子がエネルギー閉じ込め型となるように設定されていることが好ましい。これにより、振動エネルギーが支持基板10中にダイヤフラムに沿って漏れることを防止して、Qの高い共振を生じさせることが可能となる。

【0049】

このように上記圧電共振子は、絶縁膜（支持膜）であるSiO₂膜11の厚さを非常に薄くできることから、基本あるいは低次（例えば2次）のオーバートーンで、100MHz以上の高周波で動作する圧電共振子を実現できる。さらに、上記圧電共振子においては、各膜の温度特性や内部応力を互いに相殺するように設定できるから、温度変化や内部応力による悪影響を回避できる。

【0050】

また、圧電共振子は、そのダイヤフラム寸法を数百μm以下と非常に小さくでき、半導体集積回路内に組み込むことが可能である。さらに、上記圧電共振子は、数GHzでも弾性表面波装置（SAWデバイス）のようなサブミクロンのパターンニングが不要であり、製造を容易化、簡便化できる。

【0051】

そして、本発明の圧電共振子においては、振動部11b上を除く、圧電薄膜15、上部電極16上に、開口部11aを覆うように、略口の字状に、放熱膜18が、例えばSiといった絶縁体により形成されている。よって、放熱膜18には、振動部11b上を除くための窓部18aが放熱膜18のほぼ中央部に形成されている。

【0052】

上記構成では、放熱膜 18 を設けたことにより、振動部 11b から支持基板 10 への放熱性が向上して、耐電力性を改善でき、経時的な動作安定性を高めることが可能となる。

【0053】

上記放熱膜 18 としては、上記 Si に限定されるものではなく、他に、AlN、ダイヤモンドなどの絶縁体、Cu、Al、Au、Ag などの金属膜若しくは Cu、Al、Au、Ag を主成分とする合金といった導電体を挙げることができる。

【0054】

上記放熱膜 18 では、放熱性を改善できる点から熱伝導率の高い方が望ましいが、 $150\text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 以上の熱伝導率を有するものであればよい。上述した各物質の熱伝導率（単位は $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ）は、Si = 168、AlN = 150、ダイヤモンド = 1600、Cu = 403、Al = 236、Au = 319、Ag = 428 である。放熱膜 18 として、最適な材料は、熱伝導率だけの観点から見れば、熱伝導率が他の物質より大幅に高いことから、ダイヤモンドであるが、作りやすさ、コストを加味すると、Cu、Al、Si あたりが好適である。

【0055】

ただし、放熱膜 18 に Cu や Al 等の金属膜を用い、かつ放熱膜 18 が下部電極 14 および上部電極 16 と電気的に接している場合、下部電極 14 と上部電極 16 との間の短絡を回避するために、下部電極 14 に接する放熱膜 18 と、上部電極 16 と接する放熱膜 18 とを互いに離して形成する。

【0056】

また、振動部 11b と放熱膜 18 のギャップは、図 3 に示すように、狭い（小さい）ほどよいが、振動部 11b の振動への悪影響を防止するために、振動部 11b の振動波長 (λ) の $1/2$ 程度に設定することが好ましい。上記ギャップとは、放熱膜 18 の窓部 18a の内周部と振動部 11b の外縁部との間の、振動部 11b を形成する各膜 14、15、16 の表面方向での距離である。

【0057】

図 3 においては、ギャップが $0\text{ }\mu\text{m}$ の時の温度を T_0 とし、各ギャップを設け

たときの温度を T としており、 T/T_0 が小さいほど放熱性が高いことを示している。なお、図3ないし図6では、放熱膜18の素材として、Siを用いた例を挙げている。

【0058】

さらに、放熱膜18のパターン幅は、図4に示すように、放熱膜18ができるかぎりダイヤフラム11a全体を覆うように、広く、大きく設定されていることが好ましい。図4においては、放熱膜18がダイヤフラム11a全体をちょうど覆うときを、ベタと記載し、その温度を T_0 としている。ベタのときより放熱膜のパターン幅が小さいときの温度を T としており、 T/T_0 が小さいほど放熱性が高いことを示している。

【0059】

その上、放熱膜18は、図5に示すように、ダイヤフラム11aからその表面方向外向きにはみ出していないとき放熱性が劣化することから、放熱膜18の形成時の製造バラツキを考慮してダイヤフラム11aからその表面方向外向きにはみ出すように設定されている方が好ましい。図5では、縦(Y)軸は発熱温度比を示し、その基準ははみ出し量が $0\mu\text{m}$ のときの温度を示している。

【0060】

また、放熱膜18の膜厚は、図6に示すように、放熱性に関しては厚いほど良いが、 $5\mu\text{m}$ を超えて厚くしても、放熱効果が飽和して放熱性の効果向上があまり見られず、放熱膜18にSiを用いた場合、1以上、より好ましくは $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以下が望ましい。図6では、縦(Y)軸は発熱温度比を示し、その基準は、膜厚が $0\mu\text{m}$ のときの温度(T_0)を示している。

【0061】

図7(a)ないし(c)に示すように、本発明に係る圧電共振子1は、L型や、 π 型や、T型のラダー構成の本発明に係る圧電フィルタに用いてもよく、さらにそれらの段数を増やした変形例に好適に用いることができる。

【0062】

上記ラダー構成の圧電フィルタにおいては、それぞれ減衰極となる各圧電共振子1の反共振周波数と共振周波数との間に形成される通過域を高選択度なものに

できる。よって、上記ラダー構成の圧電フィルタは、上記通過域の両側に、上記各減衰極を含む、急峻な減衰特性を有する阻止域をそれぞれ備えることになる。その上、連続使用時の発熱にも耐えて、経時的な安定性も改善されている。

【0063】

このような本発明の圧電フィルタは、図8に示すように、デュプレクサ20に使用できる。デュプレクサ20は、送信側の圧電フィルタと、受信側の圧電フィルタとをそれぞれ備え、送信側と受信側との各通過域が互いに近いものであり、急峻な減衰特性を有し、熱的安定性にも優れた本発明の圧電フィルタが好適に使用される。

【0064】

なお、上記実施の第一形態では、支持基板10を厚さ方向に貫通する開口部を備えた例を挙げたが、上記に限定されず、図9に示すように、上記開口部に代えて、支持基板10をその厚さ方向に貫通しない凹部10cを支持基板10に設け、上記凹部10c上にダイヤフラム11aを形成してもよい。

【0065】

(実施の第二形態)

次に、本発明の実施の第二形態について、図7ないし図12に基づき説明する。なお、以下の、実施の各形態においては、上記実施の第一形態と同様な機能を有する部材については、同一の部材番号を付与してそれらの説明を省いた。

【0066】

本実施の第二形態に係る圧電共振子では、図10および図11に示すように、上記実施の第一形態と相違する点は、放熱膜18を省き（後述するように併用も可）、ダイヤフラムや振動部の形状を、ダイヤフラム11c、および振動部11dにおける、厚さ方向視の形状を、長細い形状、例えば二等辺三角形（多角形にした変形も含む）とし、振動部11dの長手方向に沿った長辺の一つを、ダイヤフラム11cのエッジの沿うように設定されている。

【0067】

上記振動部11dの形状では、長辺W1、W2は、振動部11dの振動波長（ λ ）の20倍以上、短辺W3は振動波長（ λ ）の5倍以下が望ましい。このよう

な構成では、後述するように、振動部 11d と支持基板 10 との間での熱抵抗を小さく、つまり放熱性を改善できる。

【0068】

このとき、ダイヤフラム 11c は、振動部 11d の振動に対する影響を回避するために、上記振動部 11d と対面するエッジと振動部 11d との距離を有して（例えば、振動部 11d の振動波長（ λ ）の $1/2$ 程度が望ましい）形成されている。このような振動部 11d の形状は、下部電極 14 を台形板状に形成し、上部電極 16 を略平行四辺形状とし、下部電極 14 と上部電極 16 との対面位置を調整することにより可能である。

【0069】

これにより、上記構成では、振動部 11d の形状に沿って、ダイヤフラム 11c の形状を形成することにより、ダイヤフラム 11c のエッジと近接する振動部 11d の長さ（ $W1 + W2 + W3$ ）が長くなり、放熱性を向上できる。また、振動部 11d を長細い形状とすることによって、伝熱経路の距離 L が短くなり、放熱し易くなる。さらに、振動部 11d の形状を長細い形状とすると、圧電共振子のスプリアス振動を低減できるため、スプリアス低減による特性改善と放熱性向上とを両立できる。

【0070】

本発明の他の圧電フィルタでは、上記の圧電共振子を 2 素子、図 7（a）に示す L 型ラダー構造に配置されている。このとき、各圧電共振子の各振動部 11d は、それらの長手方向が互いに略平行に配置されていることが小型化の点で望ましい。さらに、各圧電共振子の各振動部 11d は、それらの中心を結ぶ仮想線の中心位置を対称点として、点対称となっていることが小型化の点で好ましい。

【0071】

次に、熱伝導の理論について説明する。図 12 に示す個体の A 面から B 面に伝わる熱量 Q は、以下の式で表される。

$$Q = \lambda \cdot W \cdot t \cdot (T_A - T_B) / L \quad \dots (1)$$

λ ：熱伝導率

W ：伝熱経路断面の幅

t：伝熱経路断面の厚さ

T A：A面の温度（K）

T B：B面の温度（K）

L：伝熱経路の距離

熱の伝わり難さを示す熱抵抗Rは、以下の式で表される。

$$R = L / (\lambda \cdot W \cdot t) \quad \dots (2)$$

この式（2）から、 $\lambda \cdot W \cdot t$ が大きいほど、Lが小さいほど、放熱量Qは大きくなる（熱抵抗は小さくなる）ことが分かる。本実施の第二形態では、 λ ：ダイヤフラムの熱伝導率、W：図12の $W1 + W2 + W3$ 、t：ダイヤフラムの厚さ、L：図12に示すL（振動部11dにおける、厚み方向視の形状の中心とダイヤフラム11cのエッジとの距離）をそれぞれ示す。

【0072】

また、式（1）より、 $\lambda = Q \cdot L / \{W \cdot t \cdot (T A - T B)\}$ となり、ラムダの単位は、 $\lambda = W \cdot m / (m^2 \cdot K) = W / (m \cdot K)$ になる。

【0073】

本実施に第二形態においては、振動部11dの最も長い辺と、ダイヤフラム11cのエッジとの距離は、下限がゼロ、理想では振動部11dの振動阻害を回避できる $1/2\lambda$ になる。ただし、上限値は設計上の目標値であり、実際には製造プロセスにばらつきがある。前記の上限値にプロセスマージンを上乗せする必要がある。

【0074】

上記距離の設定の理由は以下のとおりである。放熱性の観点から見ると、振動部11dの最も長い辺と、ダイヤフラム11cのエッジとの距離はできる限り短い（ゼロが理想）ほうがよい。ただし、距離をゼロにすると、振動部11dの振動のほうに影響が出て、特性が劣化する。特性の観点から見ると、振動部11dの最も長い辺と、ダイヤフラム11cのエッジとの距離はある程度離れた方がよい。（特性と放熱性はトレードオフの関係）特性に影響が出なくなる距離は $1/2\lambda$ である。

【0075】

また、振動部 11d の最も長い辺と、ダイヤフラム 11c のエッジとの距離の理想は、放熱性と振動特性の両面を考慮して、 $1/2\lambda$ であるが、実際の製造マージンでは、精度良く作ることができず、上記距離は設定値に対してかなりずれる。そこで「約」 $1/2\lambda$ としている。参考までに、プロセスマージンは、ウェットエッチング加工の場合： $\sim 35\mu\text{m}$ 、ドライエッチング加工の場合： $\sim 20\mu\text{m}$ である。

【0076】

例えば、条件が、1.9GHz 帯、2 倍波、膜構成「上部電極 (Al: $0.18\mu\text{m}$) / 圧電薄膜としての ZnO 膜 ($1.6\mu\text{m}$) / 下部電極 (Al: $0.18\mu\text{m}$) / AlN 膜 ($1.8\mu\text{m}$) / SiO₂ 膜 ($0.6\mu\text{m}$)」の場合、 $\lambda = 4.3\mu\text{m}$ で、 $35\mu\text{m} = 8.1\lambda$ 、 $20\mu\text{m} = 4.7\lambda$ になる。つまり、理想の $1/2\lambda = 2.15\mu\text{m}$ に対して、 $35\mu\text{m} = 8.1\lambda$ 、 $20\mu\text{m} = 4.7\lambda$ のマージンがある。振動波長 λ は、周波数帯、膜構成、使用材料、利用する振動波の次数（基本波、2 倍波…）などによって異なる。一方、プロセスマージンが周波数によらず一定である。（ただし、加工方法が変わるとマージンは変わる。）周波数帯が高くなると、その分ずれは大きくなる。

【0077】

漏れた・振動の振幅は、振動波長の $1/2\lambda$ 離れると小さくなる。振動部分から $1/2\lambda$ 離れたところに固定端（ダイヤフラム 11c のエッジ）を置くと、振動への影響は小さく、特性の劣化も小さくなる。また、振動部 11d をダイヤフラム 11c のエッジ（固定端）や他の振動部 11d などから離しすぎると、放熱性が悪化すると共に、その振動特性に対するそれらの影響は軽減ないしは無くなるとしてもその寸法が大型化する。

【0078】

このような構成とすることで、放熱性を十分に得ることができるが、これと合わせて、実施の第一形態のように、振動部 11d を除く、圧電薄膜 15、上部電極 16 上に放熱膜を形成してもよく、これによって、放熱性がさらによくなる。

【0079】

（実施の第三形態）

本実施の第三形態では、図13および図14に示すように、厚み方向視に長方形形状に形成された、1つのダイヤフラム11eに、圧電共振子2素子によるL型ラダー構造の圧電フィルタが構成されている。このとき、振動部11fは、上記の実施の第二形態と同様に二等辺三角形に形成され、かつ、振動部11fの一つの長辺がダイヤフラム11eのエッジに沿うように、それぞれ配置されている。

【0080】

これにより、本実施の第三形態の圧電共振子および圧電フィルタでは、実施の第二形態と同様な効果を奏すると共に、圧電共振子毎にダイヤフラムをそれぞれ形成する場合と比べて、素子全体の面積を小さくでき、小型化を図れる。

【0081】

次に、図13に示す、LとWとの比 (L/W) と発熱温度 (温度比) との関係を調べた。その結果を図15に示した。上記Lは、ダイヤフラム11eに対面する振動部11fの長辺を底とする、振動部11fの高さ、つまり、振動部11fにおける、ダイヤフラム11eのエッジから最も遠いポイントと上記エッジとの距離に相当するものである。上記Wは、ダイヤフラム11eに対面する振動部11fの長辺の長さである。なお、図15の温度比と L/W のグラフにおいては、 L/W が1.19 (正三角形に近い形状) のときを基準として、このときの温度に対する比を温度比としている。

【0082】

図15から明らかなように、 L/W が小さいほど、温度は低くなり、 L/W が0.8以下になると、発熱温度の低下が大きくなっていることが分かる。

【0083】

(実施の第四形態)

本実施の第四形態では、図16および図17に示すように、上記実施の第三形態と同様に1つのダイヤフラム11gが設けられ、そのダイヤフラム11g上に、上記実施の第三形態に示した、2つの各振動部11fに相当する、各振動部11hが形成され、上記ダイヤフラム11gは、各振動部11hの外方に面した各辺に沿うように形成されている。

【0084】

よって、本実施の第四形態では、上記実施の第二および第三形態と同様に、放熱性を向上しながら、小型化を図ることが可能となる。

【0085】

(実施の第五形態)

本実施の第五形態では、図18に示すように、上記実施の第三形態と同様なダイヤフラム11eが二つ並んで支持基板10に設けられ、それらのダイヤフラム11e上に、上記実施の第三形態に示した、2つの各振動部11f、つまり2つの圧電共振子がそれぞれ形成されている。上記各ダイヤフラム11eは、各振動部11fの長手方向に対してほぼ直交する方向に沿うように並んで形成されている。

【0086】

これにより、本実施の第五形態においては、4つの各振動部11fを用い、各圧電共振子1a、1b、および各圧電共振子1c、1dとを互いに直列に接続したから、L型ラダーの圧電フィルタを二段重ねた、圧電フィルタが形成されることになる。

【0087】

このような本実施の第五形態では、圧電共振子1aに入力端子となる下部電極14aが形成され、各圧電共振子1a、1b、1cの共通端子となる上部電極16aが設けられ、圧電共振子1bのGND端子となる下部電極14bが形成されている。さらに、各圧電共振子1c、1dの共通端子で出力端子となる下部電極14cが設けられ、圧電共振子1dのGND端子となる上部電極16bが形成されている。

【0088】

よって、本実施の第五形態では、上記実施の第二ないし第四形態と同様に、放熱性を向上しながら、小型化を図ることが可能となる。

【0089】

また、上記の実施の第一ないし第五形態の圧電共振子、およびそれを用いた圧電フィルタは、図8に示したデュプレクサ20に好適に使用できる。なお、上記では、本実施の第一形態と、本実施の第二ないし第五形態とは、個々に説明した

が、本実施の第一形態と、本実施の第二ないし第五形態とをそれぞれ組み合わせてもよい。

【0090】

次に、本発明の圧電共振子、圧電フィルタを用いた通信装置について図19に基づき説明すると、図19に示すように、上記通信装置200は、受信を行うレシーバ側（Rx側）として、アンテナ201、アンテナ共用部／RF Top フィルタ202、アンプ203、Rx段間フィルタ204、ミキサ205、1st IF フィルタ206、ミキサ207、2nd IF フィルタ208、1st + 2nd ローカルシンセサイザ211、TCXO（temperature compensated crystal oscillator（温度補償型水晶発振器））212、デバイダ213、ローカルフィルタ214を備えて構成されている。Rx段間フィルタ204からミキサ205へは、図19に二本線で示したように、バランス性を確保するために各平衡信号にて送信することが好ましい。

【0091】

また、上記通信装置200は、送信を行うトランシーバ側（Tx側）として、上記アンテナ201および上記アンテナ共用部／RF Top フィルタ202を共用するとともに、Tx IF フィルタ221、ミキサ222、Tx段間フィルタ223、アンプ224、カプラ225、アイソレータ226、APC（automatic power control（自動出力制御））227を備えて構成されている。

【0092】

そして、上記のアンテナ共用部／RF Top フィルタ202、Rx段間フィルタ204、1st IF フィルタ206、Tx IF フィルタ221、Tx段間フィルタ223には、上述した本実施の第一ないし第五形態に記載の圧電共振子や圧電フィルタが好適に利用できる。

【0093】

【発明の効果】

本発明の圧電共振子は、以上のように、開口部若しくは凹部上に形成されている、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の振動部と上部電極と下部電極とを有する圧電共振子において、前記振動部を除く位置で、かつ、前記上部電極および前

記薄膜部の少なくとも一方の上に、放熱膜を形成した構成である。

【0 0 9 4】

それゆえ、上記構成は、放熱膜を設けることにより、圧電共振子の不要振動を低減できると同時に、大きな電力を加えても共振特性の劣化を回避できるように、放熱性・耐電力性を向上でき、動作安定性を改善できるという効果を奏する。

【0 0 9 5】

本発明の他の圧電共振子は、以上のように、開口部若しくは凹部上に形成されている、1層以上の圧電薄膜を有する薄膜部の上下面を少なくとも一对の上部電極及び下部電極を対向させて挟む構造の振動部とを有する圧電共振子において、振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形であり、かつ、少なくとも振動部の最も長い辺が、開口部若しくは凹部の端部に沿って形成されている構成である。

【0 0 9 6】

上記構成によれば、振動部の厚み方向視の形状が長さの異なる辺を有する多角形である振動部の少なくとも最も長い辺を、開口部若しくは凹部の端部に沿って形成したから、振動部の放熱性を改善できて、大きな電力を加えても共振特性の劣化を回避でき、動作安定性を向上できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る実施の第一形態の圧電共振子を示す平面図である。

【図 2】

上記圧電共振子の、A - A' 矢視断面図である。

【図 3】

上記圧電共振子における、振動部と放熱膜とのギャップと、放熱性との関係を示すグラフである。

【図 4】

上記圧電共振子における、放熱膜幅と、放熱性との関係を示すグラフである。

【図 5】

上記圧電共振子における、ダイヤフラムからのはみ出し量と、放熱性との関係

を示すグラフである。

【図 6】

上記圧電共振子における、放熱膜厚と、放熱性との関係を示すグラフである。

【図 7】

上記圧電共振子をラダー型の圧電フィルタに適用した例を示す回路ブロック図であって、(a) は L 型ラダー、(b) は π 型ラダー、(c) は T 型ラダーを示す。

【図 8】

上記圧電フィルタを用いたデュプレクサのブロック図である。

【図 9】

上記圧電共振子の一変形例を示す断面図である。

【図 1 0】

本発明に係る実施の第二形態の圧電共振子および圧電フィルタを示す平面図である。

【図 1 1】

上記圧電共振子および圧電フィルタの、B-B' 矢視断面図である。

【図 1 2】

上記圧電共振子および圧電フィルタにおける熱伝導を説明するための、直方体形状の固体の斜視図である。

【図 1 3】

本発明に係る実施の第三形態の圧電共振子および圧電フィルタを示す平面図である。

【図 1 4】

上記圧電共振子および圧電フィルタの断面図である。

【図 1 5】

上記圧電共振子および圧電フィルタの L/W と、放熱性との関係を示すグラフである。

【図 1 6】

本発明に係る実施の第四形態の圧電共振子および圧電フィルタを示す平面図で

ある。

【図 1 7】

上記圧電共振子および圧電フィルタの断面図である。

【図 1 8】

本発明に係る実施の第五形態の圧電フィルタを示し、（a）は回路ブロック図であり、（b）は平面図であり、（c）は上記（b）のD-D' 矢視断面図である。

【図 1 9】

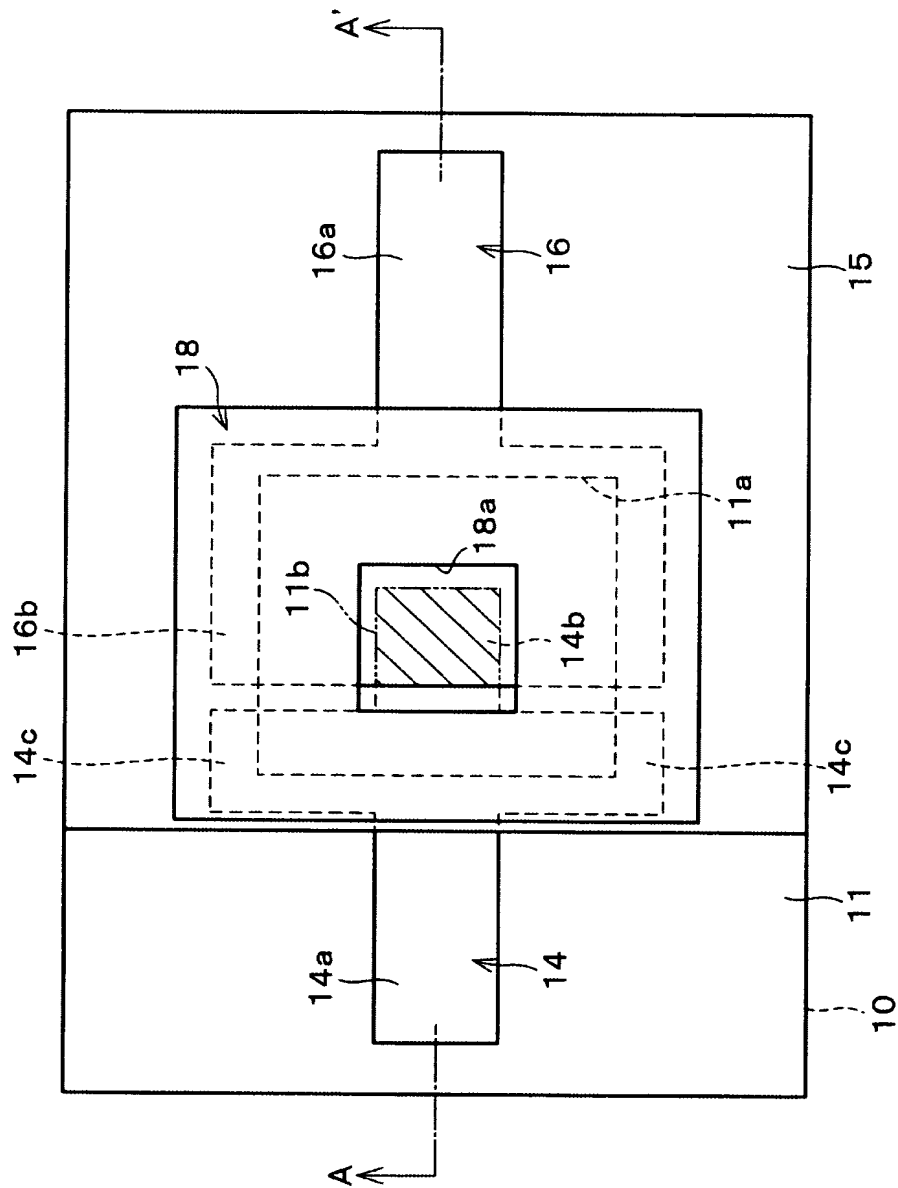
本発明の通信装置の回路ブロック図である。

【符号の説明】

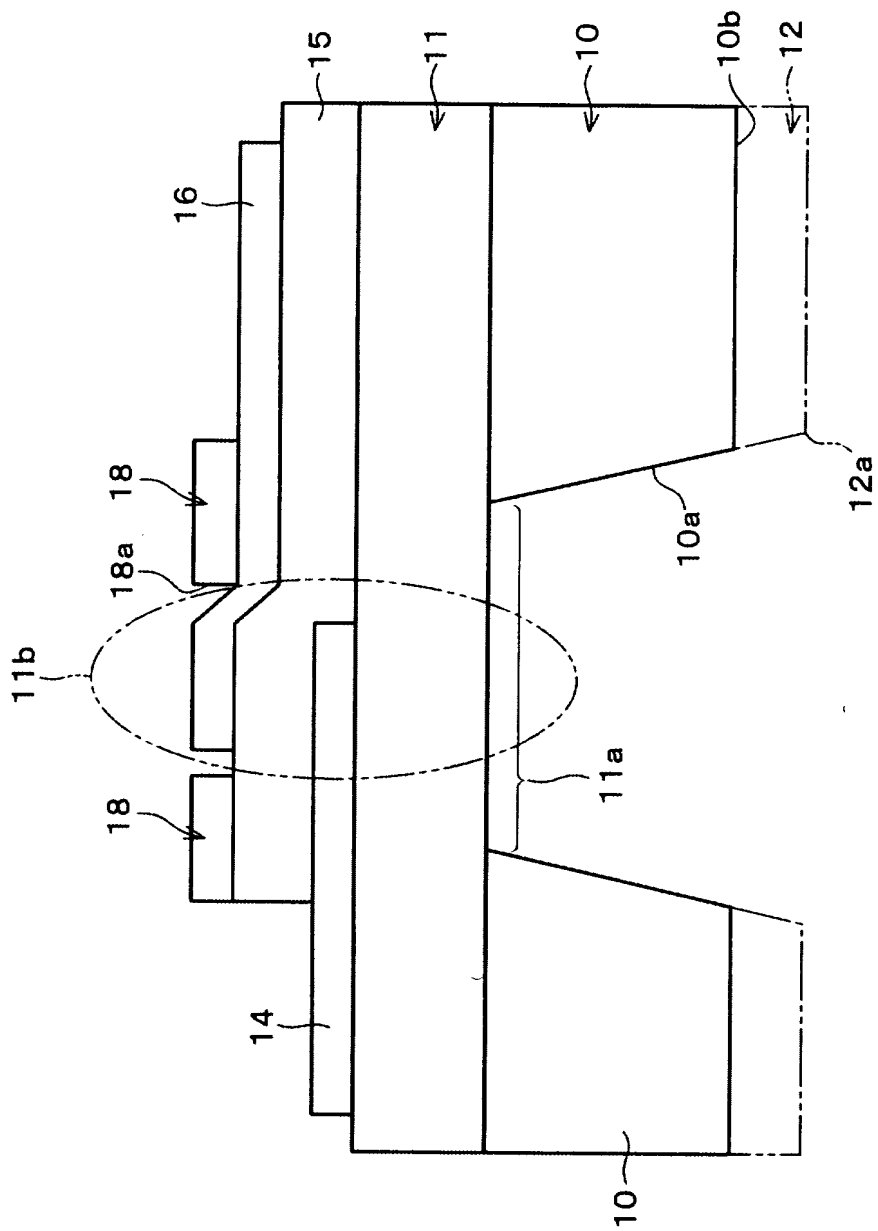
- 1 0 支持基板
- 1 1 b 振動部
- 1 4 下部電極
- 1 5 圧電薄膜
- 1 6 上部電極
- 1 8 放熱膜

【書類名】 図面

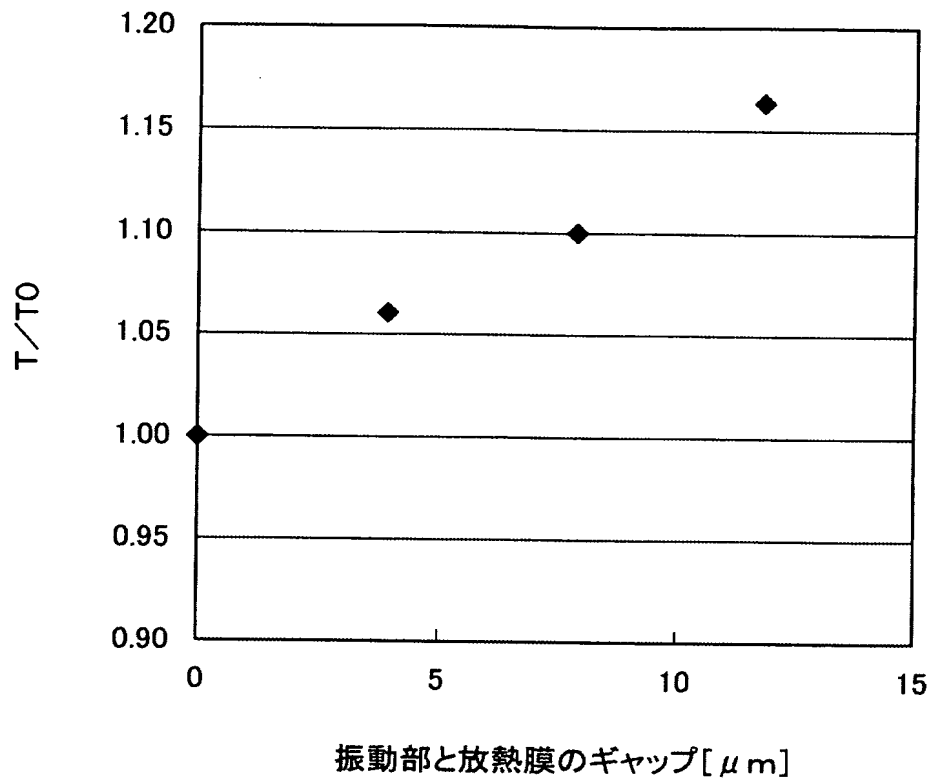
【図 1】



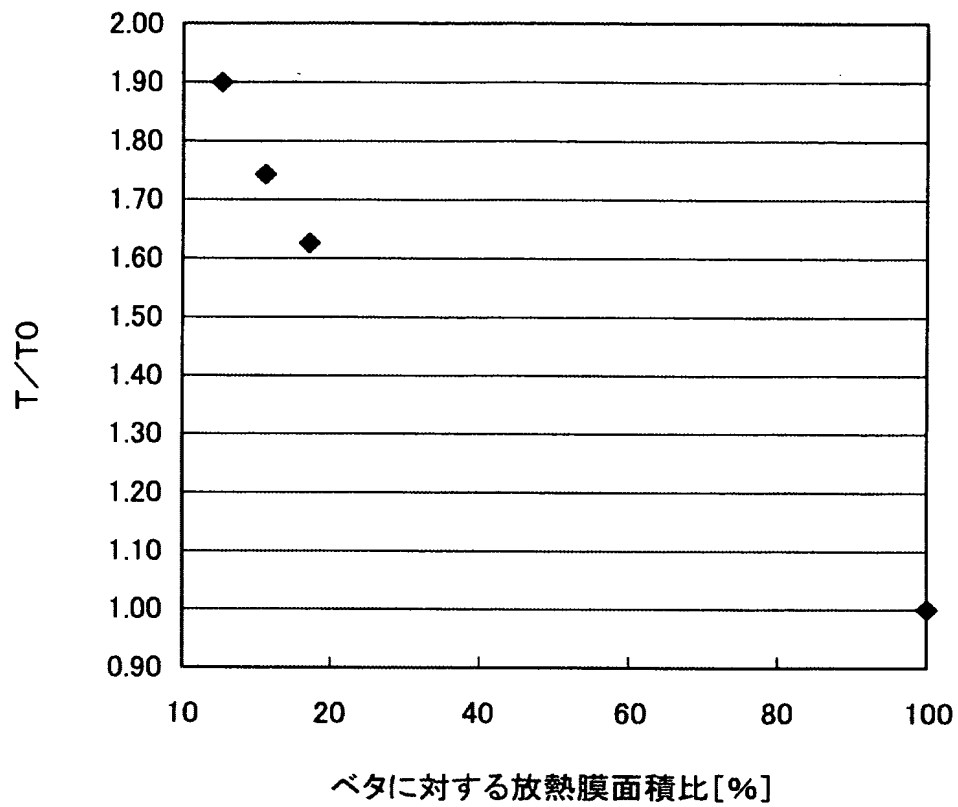
【図 2】



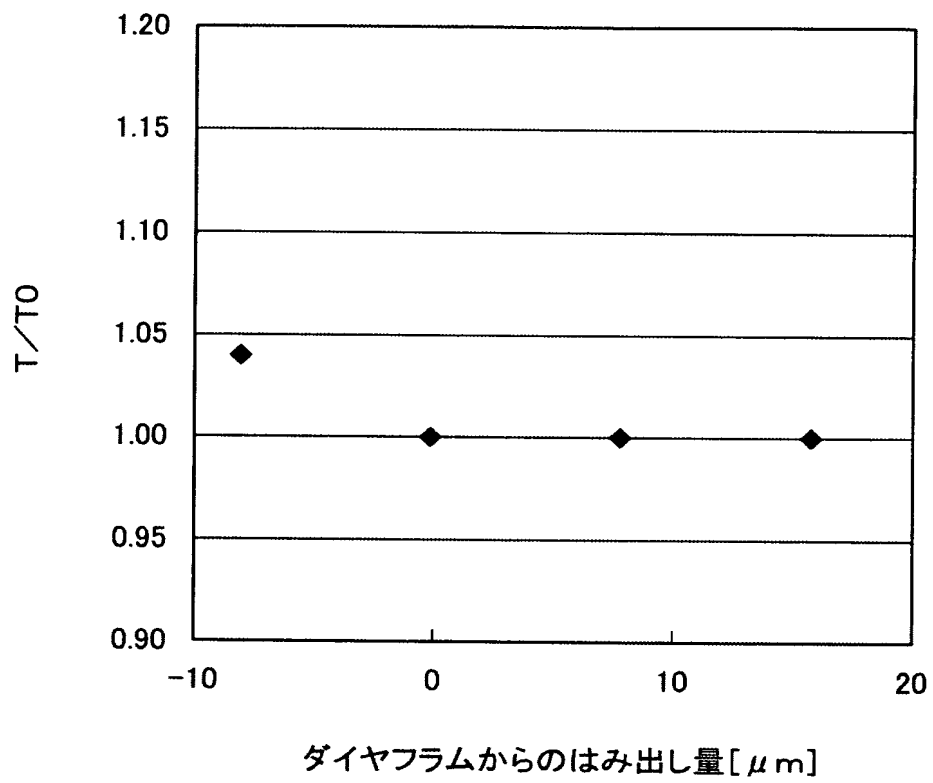
【図 3】



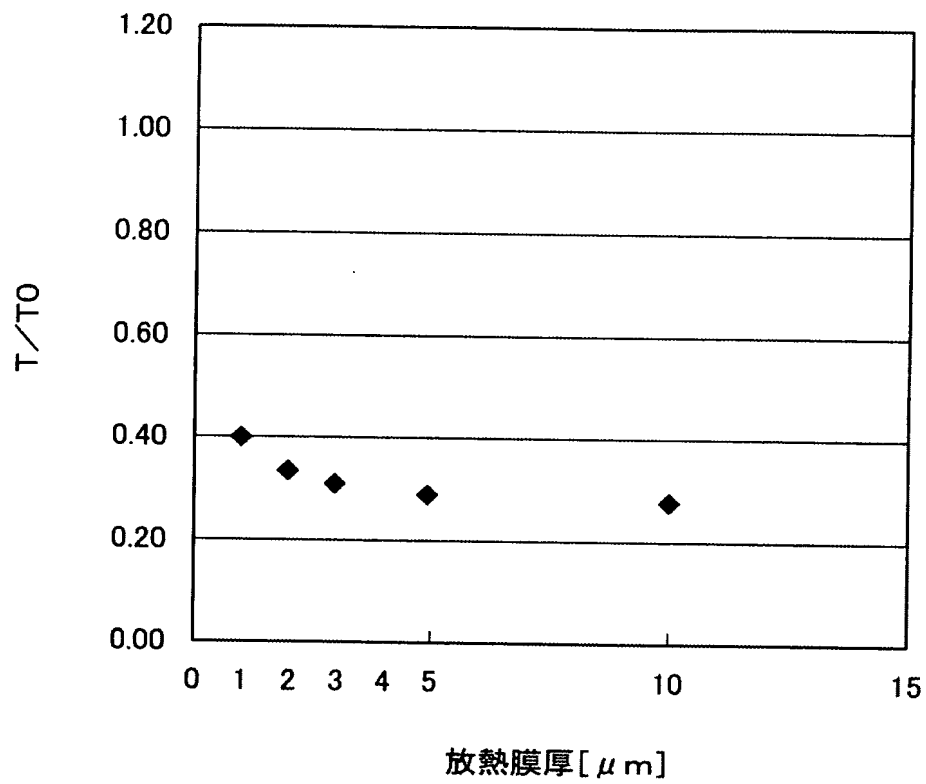
【図 4】



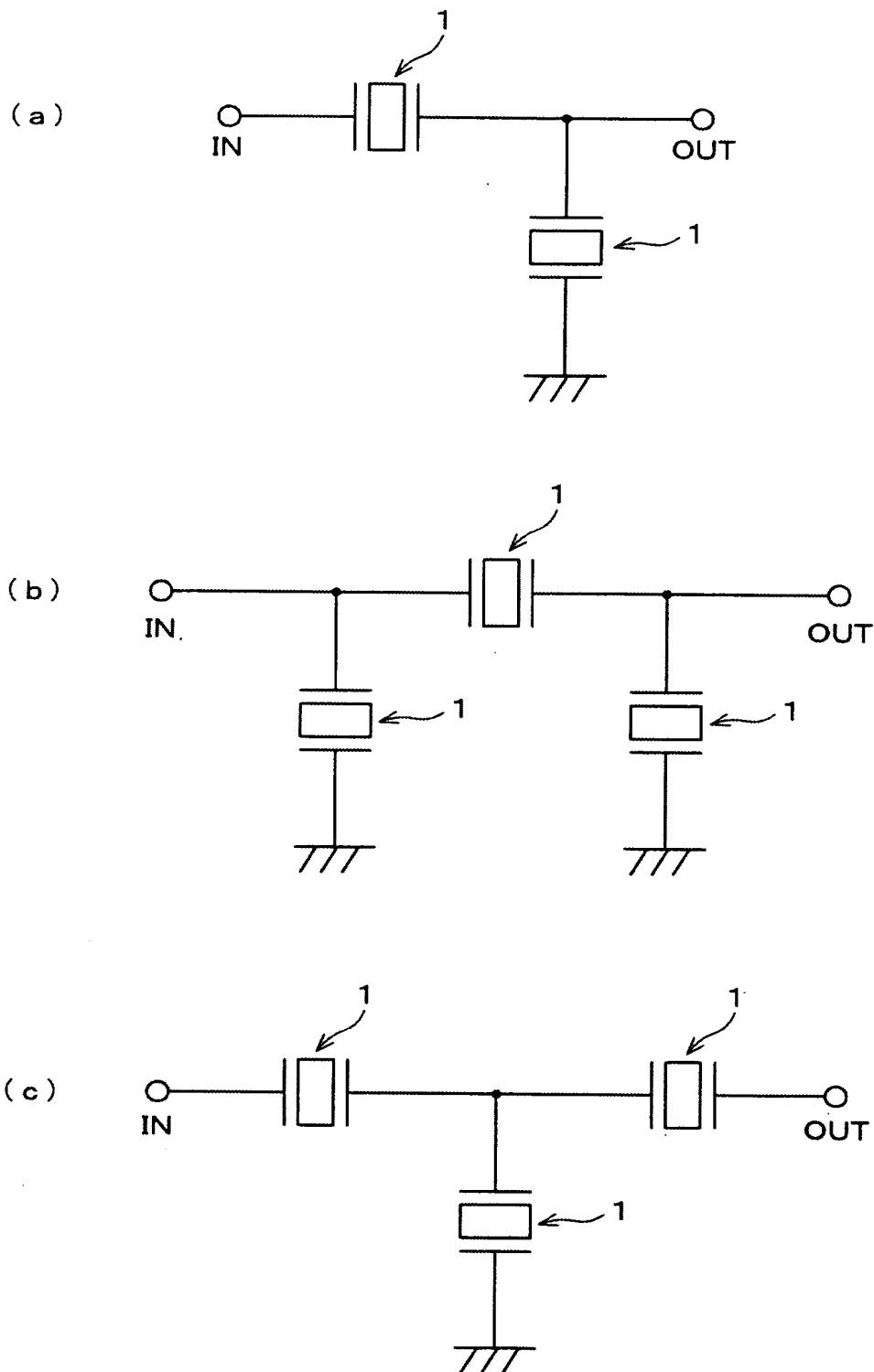
【図 5】



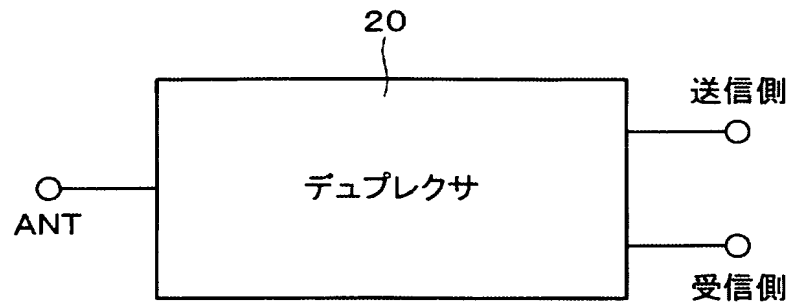
【図 6】



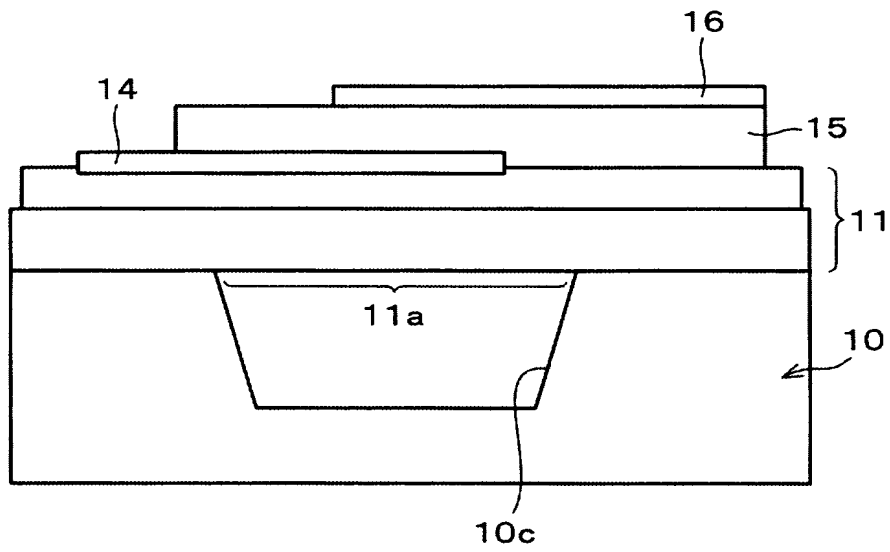
【図 7】



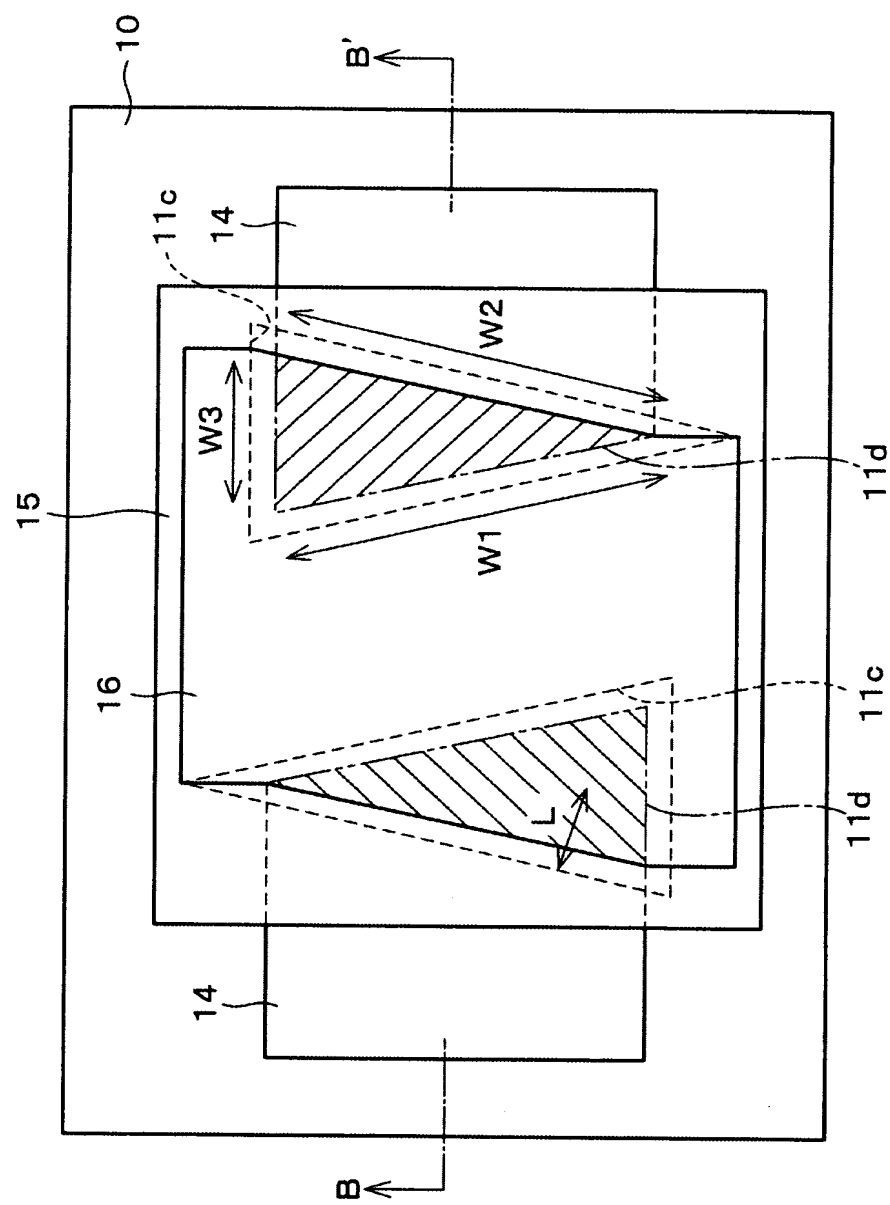
【図 8】



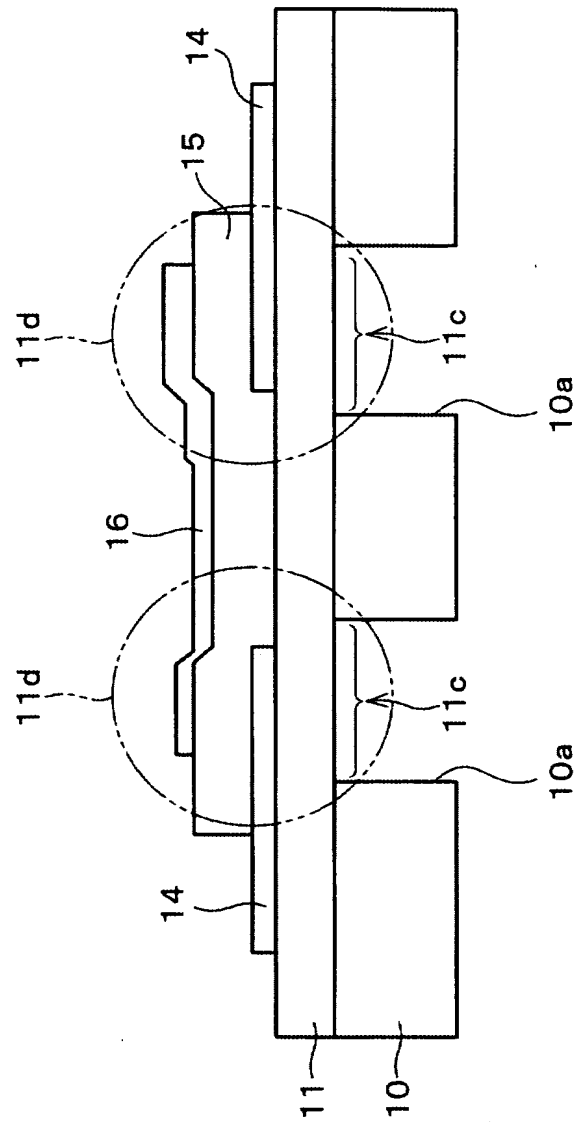
【図 9】



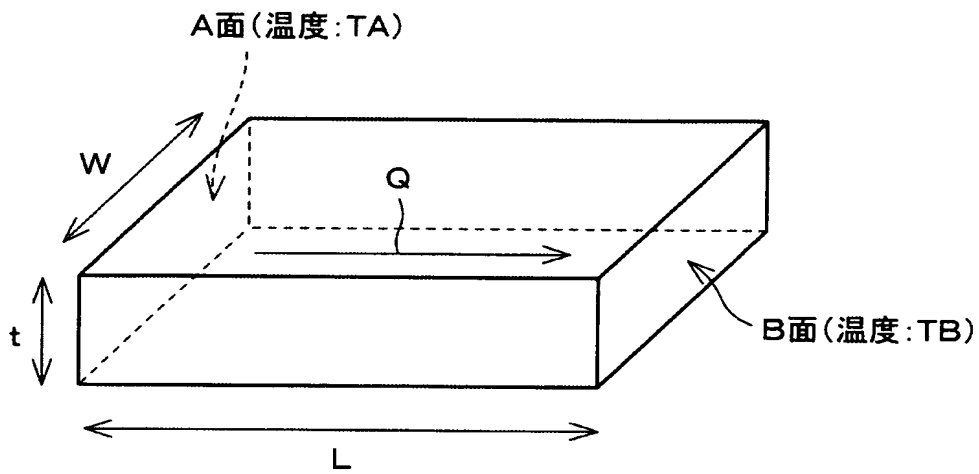
【図 1 0】



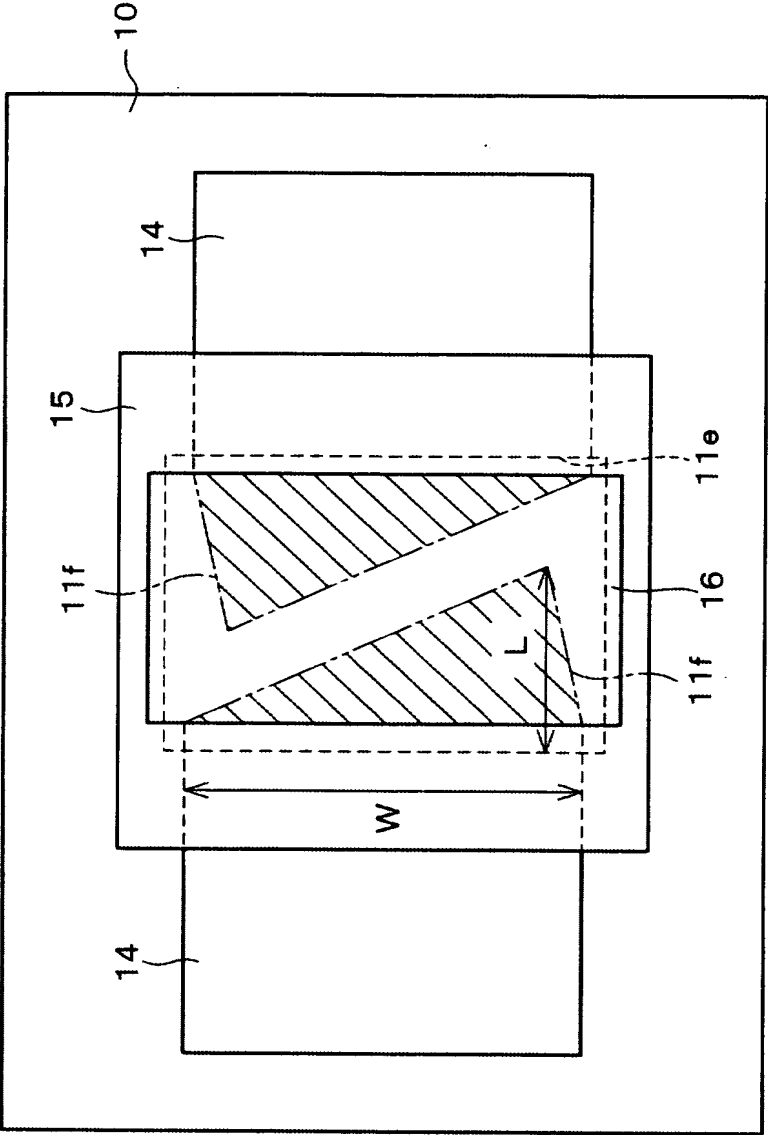
【図 11】



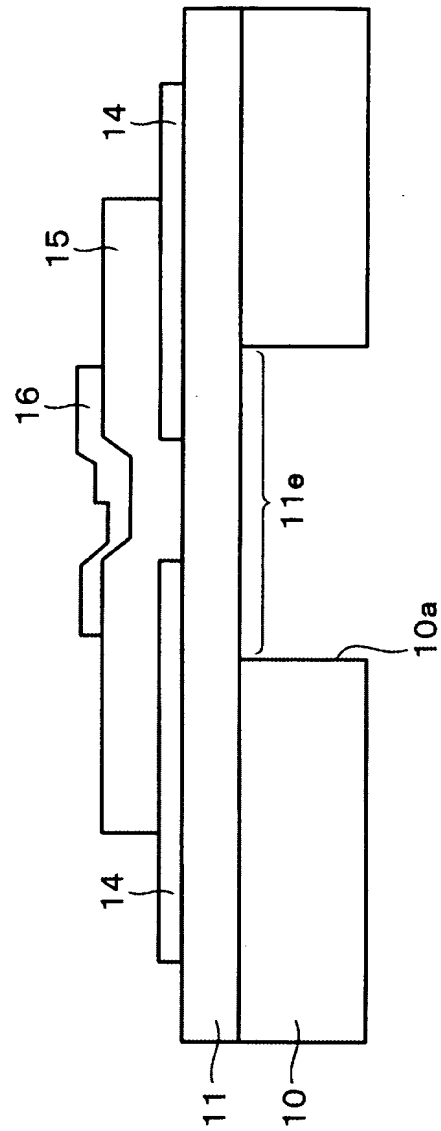
【図 12】



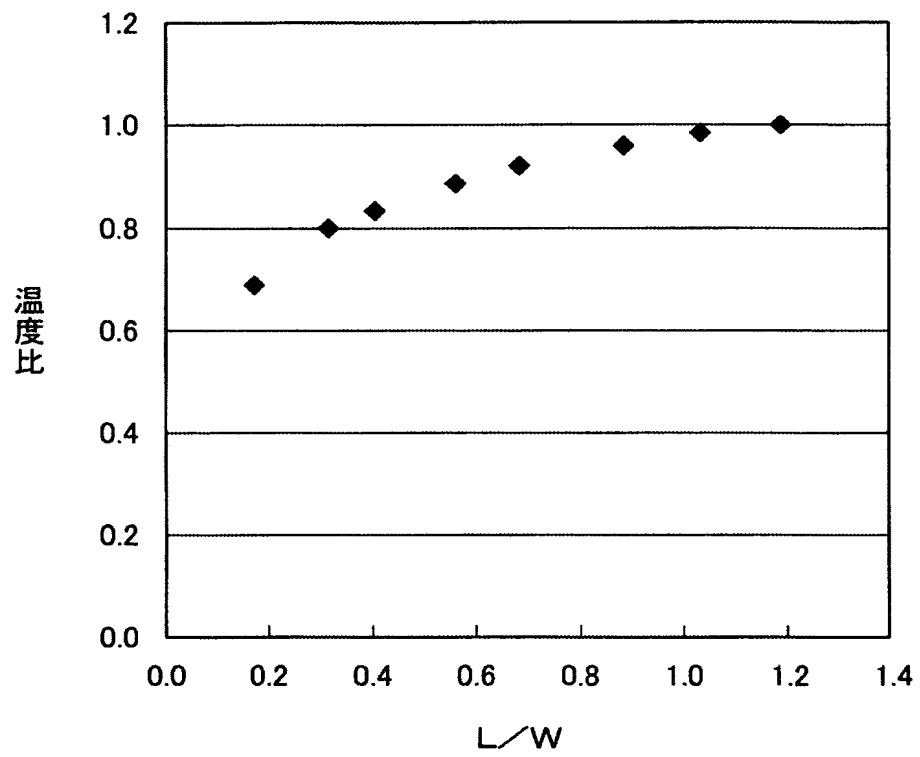
【図 13】



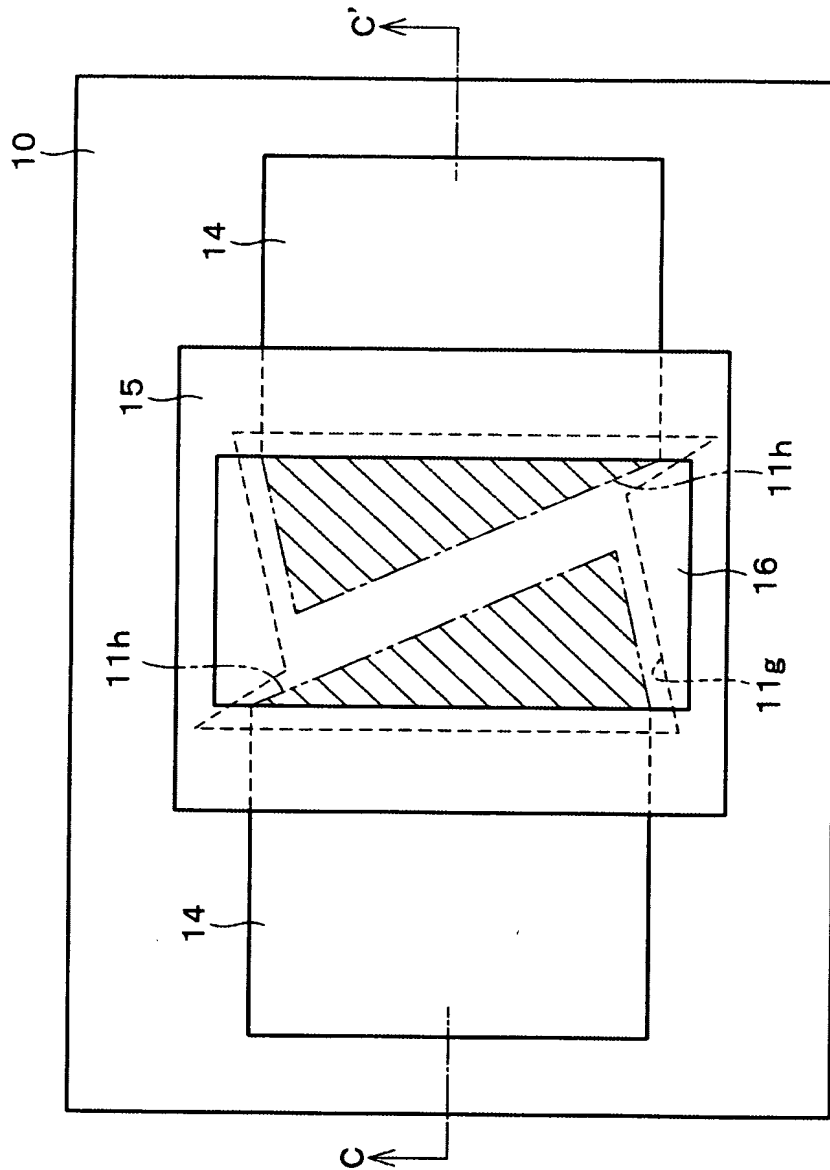
【図 14】



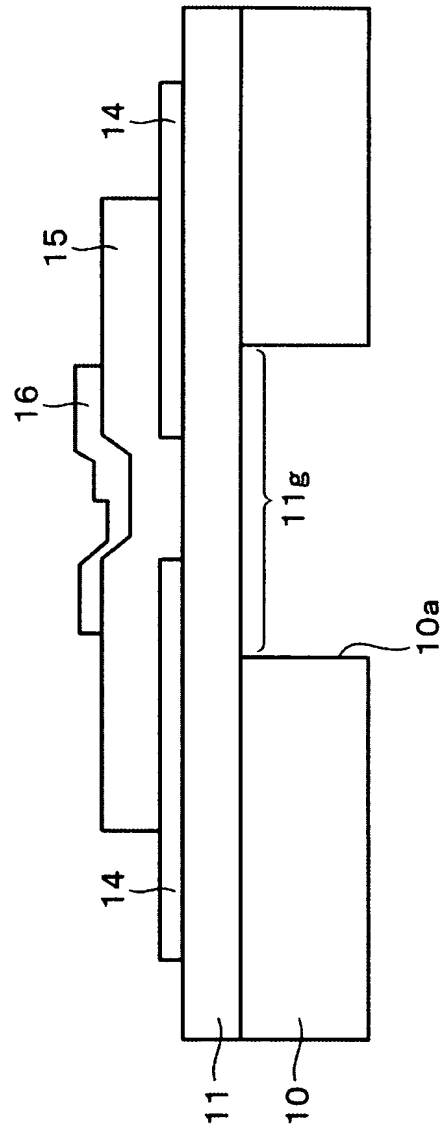
【図 1 5】



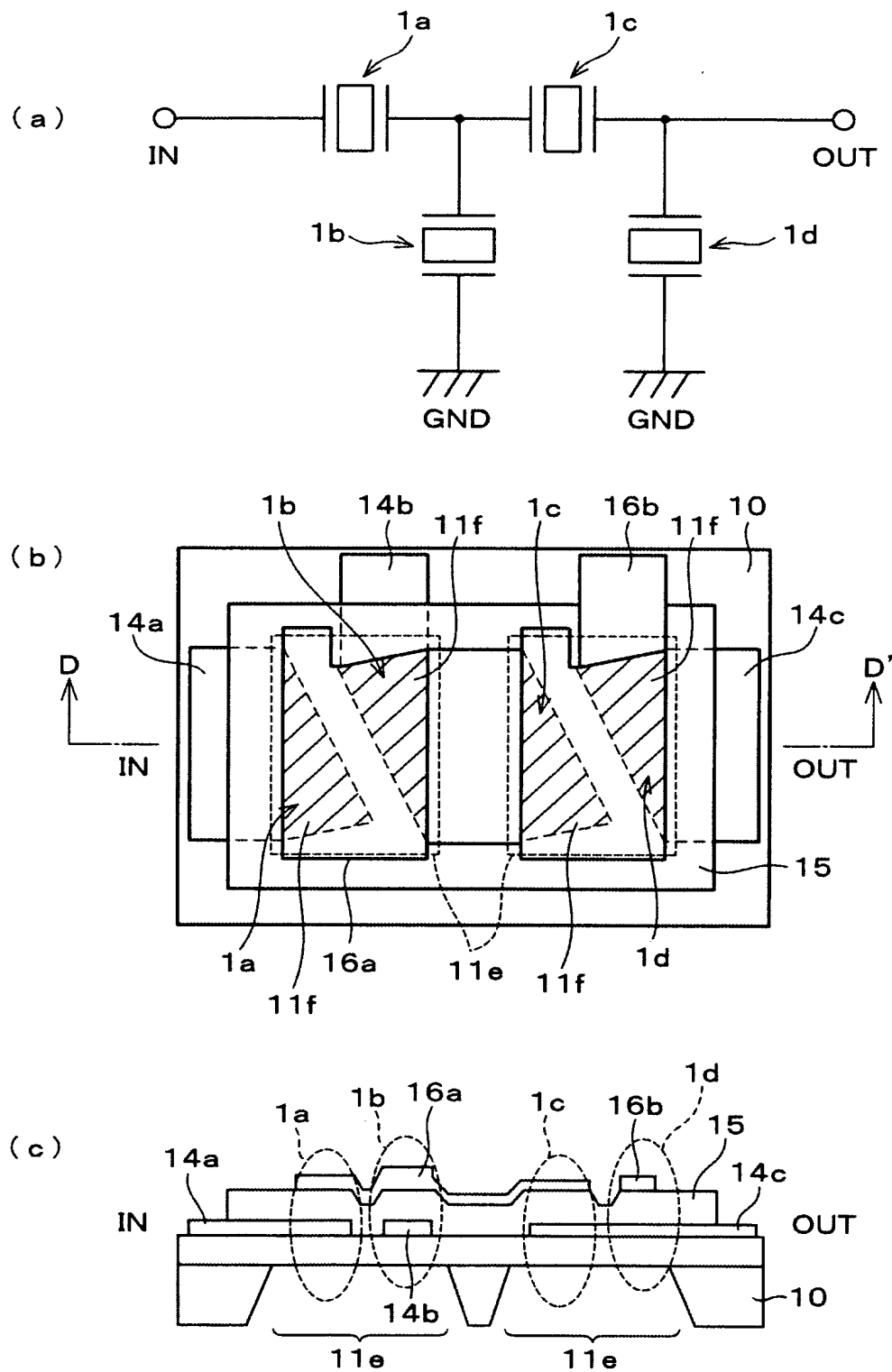
【図 16】



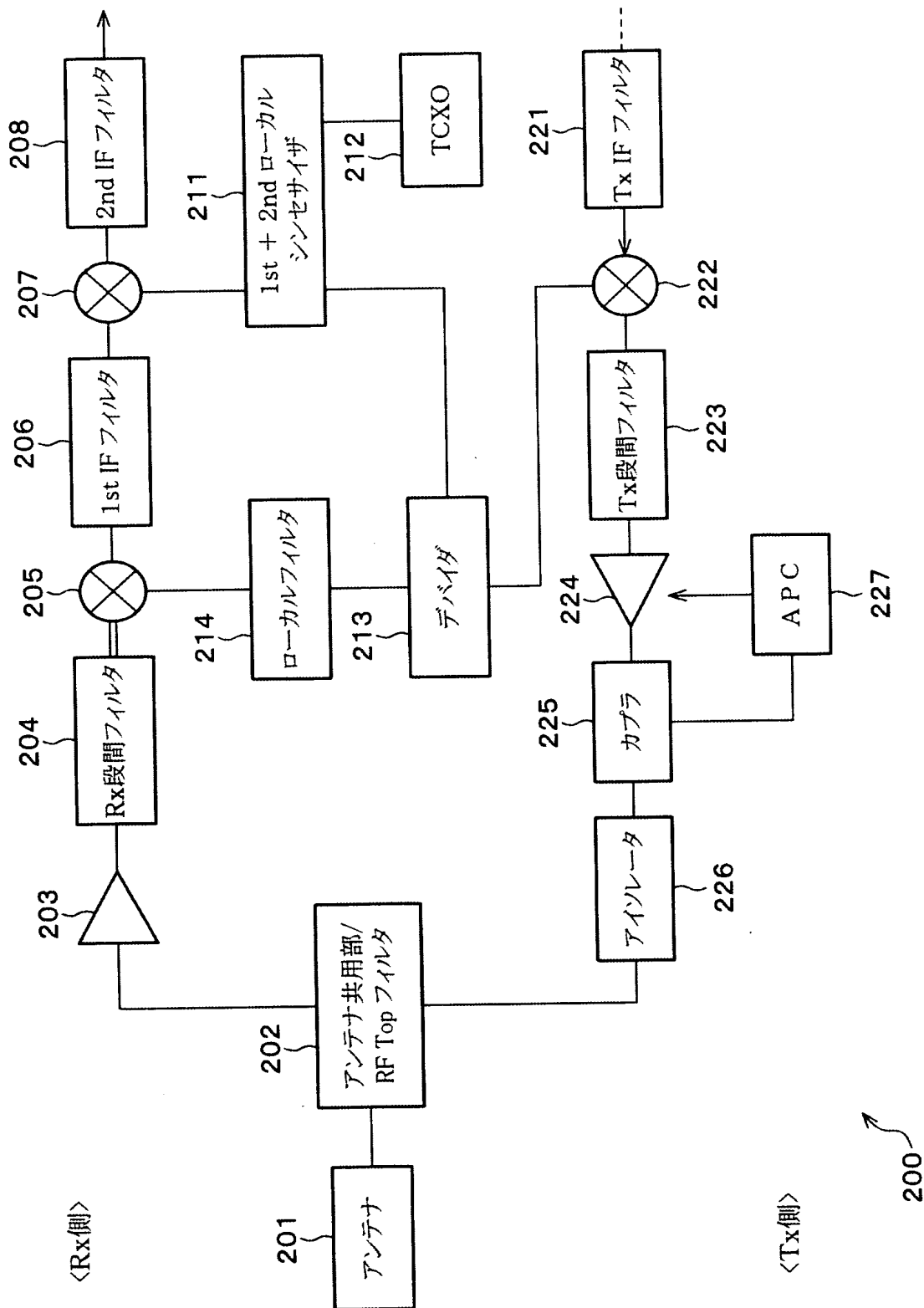
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 放熱性に優れ、耐電力性が向上した圧電共振子、圧電フィルタ、デュプレクサ、および通信装置を提供する。

【解決手段】 開口部若しくは凹部を有する支持基板 1 0 を設ける。前記開口部若しくは凹部上に形成されている、1 層以上の圧電薄膜 1 5 を設ける。圧電薄膜 1 5 の上下面を少なくとも一对の上部電極 1 6 および下部電極 1 4 を対向させて挟む構造の振動部 1 1 b を設ける。振動部 1 1 b を除く位置で、かつ、上部電極 1 6 および圧電薄膜 1 5 の少なくとも一方の上に、放熱膜 1 8 を設ける。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 7 9 4 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 2 3 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号

氏 名

株式会社村田製作所